

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In Re Patent Application of:)
LA ROSA ET AL.)
)
Serial No. 10/696,500)
)
Filing Date: OCTOBER 29, 2003)
)
For: VIRTUAL SENSOR FOR THE EXHAUST)
EMISSIONS OF AN ENDOTHERMIC)
MOTOR AND CORRESPONDING)
INJECTION CONTROL SYSTEM)

TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of the
priority European Application No. 02425651.3.

Respectfully submitted,

PAUL J. DITMYER
Reg. No. 40,455
Allen, Dyer, Doppelt, Milbrath
& Gilchrist, P.A.
255 S. Orange Avenue, Suite 1401
Post Office Box 3791
Orlando, Florida 32802
Telephone: 407/841-2330
Fax: 407/841-2343
Attorney for Applicant

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being
deposited with the United States Postal Service as first class
mail in an envelope addressed to: COMMISSIONER FOR PATENTS,
P.O. BOX 1450, ALEXANDRIA, VA 22313-1450, on this 25th day of
November, 2003.





**Eur päisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office eur péen
des brevets**

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02425651.3

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:
Application no.: 02425651.3
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 29.10.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

STMicroelectronics S.r.l.
Via C. Olivetti, 2
20041 Agrate Brianza (Milano)
ITALIE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Virtual sensor for the exhaust emissions of an endothermic motor and
corresponding injection control system

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

F02D/

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

Titolo: Sensore virtuale di emissioni allo scarico di un motore endotermico ad iniezione e relativo sistema di controllo iniezione.

DESCRIZIONE

5 Campo di applicazione

La presente invenzione fa riferimento sensore virtuale di emissioni allo scarico di un motore endotermico ad iniezione e ad un relativo sistema di controllo iniezione.

10 Più specificatamente l'invenzione si riferisce ad un sensore virtuale di emissioni allo scarico di un motore endotermico ad iniezione comprendente una camera di combustione per ciascun cilindro del motore, un relativo iniettore per ciascuna camera ed una centralina elettronica di controllo iniezione.

15 L'invenzione fa altresì riferimento ad un sistema di controllo iniezione per un motore endotermico dotato di un sistema d'iniezione diretta.

L'invenzione è un perfezionamento di quanto descritto nella domanda di brevetto europea No. 01830645.6 a nome della stessa Richiedente e che s'intende incorporata alla presente come riferimento.

20 Come è ben noto, il crescente interesse dimostrato dalla comunità internazionale per la diminuzione degli inquinanti presenti nell'atmosfera ha portato all'emanazione di normative sempre più rigide riguardo le emissioni inquinanti degli autoveicoli.

25 In particolare l'Unione Europea ha previsto entro il 2005 severe restrizioni sulle emissioni allo scarico e sui consumi di combustibile dei motori a combustione interna. Qui di seguito sono brevemente riportate le normative più significative, alcune delle quali sono già entrate in vigore, mentre altre sono incombenti:

- Euro I (91/441), tale direttiva ha introdotto l'obbligatorietà del catalizzatore per l'abbattimento delle emissioni inquinanti. È già

rispettata dai veicoli immatricolati a partire dal 1° gennaio 1993.

- **Euro II (96/69)**, è rispettata dai modelli immatricolati dal 1996 che sono stati commercializzati fino a dicembre 2000.

- **Euro III (98/69)**, le macchine immatricolate dal 1° gennaio del 2001 rispettano tale direttiva. Oltre al problema dell'emissione di inquinanti, minore rispetto alle precedenti, s'introduce l'obbligatorietà di un sistema di autodiagnosi a bordo OBD (On Board Diagnostic), che segnali i malfunzionamenti. Si ha l'obbligo di effettuare la riparazione entro un numero di chilometri stabilito, pena gravi sanzioni. Tali direttive valide per le automobili a benzina, entreranno in vigore nel 2003 per i motori diesel.

- **Euro IV (98/68 B)**, entrerà in vigore dal 1° gennaio del 2005.

- **Euro V (2001/27/EC)**, entrerà in vigore dal 1° gennaio del 2008.

15 La stima sulle emissioni totali è riportata nella seguente tabella 1 ed è calcolata mediante la combinazione di dati tecnici (fattori di emissione) e dati attivi (chilometri totali dei veicoli) forniti dall'utente di un veicolo di trasporto passeggeri.

Tip.	Year	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
Diesel						
Euro 1	1992	2.72	0.97			0.14
Euro 2 (IDI)	1996	1.0	0.7			0.09
Euro 2 (TDE)	1999	1.0	0.9			0.10
Euro 3	2000-01	0.64	0.56	0.50		0.05
Euro 4	2005-01	0.50	0.30	0.25		0.025
Petrol (Gasoline)						
Euro 3	2000-01	2.30	0.30		0.15	
Euro 4	2005-01	1.0	0.10		0.08	

20 Le emissioni totali sono calcolate come somma delle emissioni di tre sorgenti differenti e rispettivamente: una prima sorgente dovuta alla fase termica stabile del motore (caldo), una seconda sorgente dovuta alla fase di riscaldamento (partenza a freddo) ed una terza sorgente dovuta all'evaporazione del carburante.

- La distinzione tra le prime due fasi è fondamentale perché è possibile notare una variazione notevole delle emissioni tra queste fasi. Durante la fase di riscaldamento spesso si hanno valori di emissioni di inquinanti più elevati rispetto alla fase di motore a caldo, anche gli approcci per valutare gli inquinanti sono differenti. Le emissioni totali sono calcolate mediante la seguente equazione:

$$E_{TOTAL} = E_{HOT} + E_{COLD} + E_{EVAP}$$

Dove:

- 10 E_{TOTAL} : sono le emissioni totali di qualunque inquinante per la risoluzione spaziale e temporale dell'applicazione,

E_{HOT} : sono le emissioni durante la fase stabile del motore (caldo),

E_{COLD} : sono le emissioni durante la fase transitoria di riscaldamento del motore (partenza a freddo),

E_{EVAP} : sono le emissioni dall'evaporazione del carburante.

- 15 Le emissioni dei veicoli sono fortemente dipendenti dal regime di rotazione dovuto all'uso del motore; ad esempio durante la guida urbana, la guida su strade rurali o la guida in autostrada.

- 20 Gli inquinanti che vengono prodotti da un motore a combustione interna (CI) sono il risultato di un processo di combustione incompleta tra la miscela carburante/aria, oppure da reazioni di altri componenti presenti nella camera di combustione, come ad esempio la combustione dell'olio o additivi di olio o la combustione di componenti non organici come lo zolfo quando si utilizza gasolio.

- 25 Il principale problema nei motori benzina è l'emissione di composti di azoto e carbonio come NO_x e CO_2 ; mentre nei motori diesel, oltre ai composti di azoto NO_x , si ha l'emissione di carbonio sotto forma di particolati DPM (Diesel Particulate Matter) che nei motori a benzina sono presenti in quantità trascurabili.

Il DPM è una complessa miscela di sostanze liquide e solide ed il suo

principale costituente solido è il carbonio, che è generato nel cilindro a causa della combustione incompleta. Il DPM è usualmente diviso in tre frazioni: carbonio secco/particelle di fuliggine, frazioni organiche solubili (SOF) e particelle acide di zolfo. In figura 1 è mostrata una vista schematica di un agglomerato di particolato con in evidenza i nuclei dei materiali che lo compongono.

La composizione del DPM dipende dal tipo di motore e dalle condizioni in cui questo opera, prime fra tutte: velocità e carico. La seguente tabella 2 riporta le dimensioni dei particolati DPM e la relativa nomenclatura:

DEFINIZIONE	DIAMETRO D [mX10 ⁻⁶]
PM 10	<10
Fine	<2.5
Ultrafine	<1.0
Nanoparticelle	<0.05

La causa principale della formazione dei composti di azoto NO_x, sia nei motori diesel sia nei motori a benzina, è il raggiungimento di una temperatura in camera di combustione talmente elevata da causare la dissociazione dell'azoto presente nell'aria e la sua ricombinazione con l'ossigeno, con conseguente formazione di ossido di azoto NO e di biossido di azoto NO₂.

Il tentativo di diminuire la temperatura in camera di combustione al fine di diminuire la formazione degli NO_x è invece causa di una maggiore formazione di materiale particolato.

Il problema principale nei motori diesel è rappresentato da un effetto di trade-off tra la produzione di NO_x e la produzione di materiale particolato. Ridurre questo effetto è uno degli obiettivi principali nella regolazione delle emissioni dei motori diesel; in quanto le emissioni di DPM sono soggette a regolazioni ancora più ristrette.

Arte nota

L'arte nota propone già alcune soluzioni per cercare di ridurre le emissioni inquinanti allo scarico dei motori endotermici. Le varie soluzioni proposte sono applicate in maniera differente sui motori diesel
5 o sui motori a benzina e prevedono miglioramenti sia di tipo meccanico sia di tipo elettronico.

Una prima soluzione che consente di ridurre gli inquinanti allo scarico prevede l'introduzione di un sistema di ricircolo dei gas (EGR) controllato elettronicamente. Un sistema elettronico di controllo genera
10 un segnale di apertura di una valvola posta su un condotto di ricircolo dei gas di scarico e che consente il ricircolo dei gas esausti che vengono così riportati in ingresso ai cilindri del motore con conseguente abbattimento dei composti di azoto NO_x .

Per i motori benzina è noto inoltre avvalersi di una sonda lambda che
15 coopera con catalizzatori trivalenti i quali, tramite reazioni di ossidoriduzione, sono capaci di convertire i gas inquinanti in gas meno pericolosi.

Un convertitore catalitico è generalmente costituito da un involucro metallico contenente un substrato ceramico o metallico, essenzialmente
20 "a nido di ape" ricoperto da un film di γ -allumina, detto anche *wash coat*, di spessore 40-50 μm . Su questo supporto viene depositato, con particolari tecniche, un materiale catalitico attivo formato da miscele di metalli nobili come: platino, palladio o rodio. Tali metalli nobili sono depositati in piccole quantità ma distribuiti sul supporto ad elevata
25 superficie specifica. La figura 2 mostra schematicamente e in scala ingrandita questa struttura stratiforme.

La sonda lambda è inserita sul condotto di ricircolo tra il catalizzatore ed il motore e rileva istante per istante la percentuale di ossigeno residuo nei gas che ne lambiscono gli elettrodi. Il segnale elettrico
30 generato viene inviato ad una centralina di controllo motore che lo interpreta e regola il rapporto aria-benzina al valore ottimale per la conversione catalitica. Nella figura 3 è illustrato schematicamente

questo sistema di controllo utilizzato nei motori a benzina.

Più recentemente, al controllo elettronico del ricircolo esterno dei gas di scarico (EGR) è stato accoppiato l'utilizzo di un turbo a geometria variabile (VGT) che modifica l'inclinazione delle pale e quindi il flusso di gas esausti che lo attraversa in base al numero di giri del motore.

Per i motori diesel, invece, al fine di ottemperare alle normative EURO III (2000), è stato sviluppato un sistema di iniezione del carburante ad alta pressione, detto Common Rail (CR), a circa 1350 bar, che consente una riduzione sia degli inquinanti sia dei consumi.

10 Il sistema CR consente di raggiungere pressioni d'iniezione sufficientemente elevate per ottenere una polverizzazione del combustibile tale da formare, nella camera di combustione, una quasi perfetta miscelazione gasolio/aria con conseguente riduzione di incombusti e di particolati allo scarico.

15 La struttura di base di un sistema CR comprende una pompa d'alimentazione a pistoncini radiali ad alta pressione, un accumulatore (rail), una serie di iniettori collegati ad un condotto ad alta pressione, un'unità di controllo, degli attuatori e molteplici sensori. La pompa mantiene la pressione del combustibile elevata, spingendolo
20 nell'accumulatore chiamato "rail", comune a tutti gli iniettori, che agisce sostanzialmente come serbatoio. Una parte del carburante è quindi immessa nella camera di combustione dagli iniettori a comando elettromagnetico, mentre una parte è inviata al serbatoio per ricircolo.

Il flusso circolante viene determinato e bilanciato, mediante i sensori ed
25 una centralina elettronica che confronta la pressione registrata dai sensori con valori predefiniti e dunque gestisce la sovrappressione inviando l'eccesso di carburante nel serbatoio. Le indicazioni derivanti dai sensori permettono alla centralina di regolare la quantità di carburante iniettato, in funzione del carico e del numero di giri del
30 motore, consentendo così un'ampia flessibilità di gestione.

La pressione così ottenuta risulta adeguata per ogni range di rotazione

del motore al contrario dei sistemi tradizionali, dove la pompa era vincolata al regime di rotazione del motore e la pressione era correlata al numero di giri del motore, non risultando in tal modo mai quella ottimale, soprattutto a bassi regimi.

- 5 I motori CR oggi in commercio effettuano solamente due iniezioni per ciclo (denominate Pilot e Main). Tuttavia, recenti innovazioni hanno reso il sistema d'iniezione più flessibile in quanto possono essere ottenute miscele più omogenee suddividendo l'iniezione principale (Main) in più iniezioni (Multiple injection), modificando inoltre la geometria dei
10 condotti di aspirazione (Moti vorticosi).

Le direttive EURO IV (2005), oggi allo studio, dovranno essere rispettate grazie all'introduzione di ulteriori miglioramenti sia meccanici sia elettronici dei sistemi di controllo esistenti.

- 15 Si ritiene fondamentale il passaggio a sistemi di iniezione multipla con pressioni all'interno del Rail fino a 1600 bar.

Ulteriori modifiche meccaniche dovranno essere apportate agli iniettori ed il diametro dei fori di iniezione dovrà subire una riduzione.

- 20 E' previsto inoltre l'inserimento in camera di combustione di un sensore di pressione resistente alle alte temperature e dotato di elevata precisione il quale, grazie al feedback del segnale di pressione, consentirà l'implementazione di algoritmi di controllo motore molto accurati.

- 25 Da più parti si ritiene comunque che per entrambi i motori, benzina e diesel, sarà inevitabile l'applicazione di un post-trattamento catalitico allo scarico. Ogni motore ha le sue particolari esigenze in termini di abbattimento delle emissioni e conseguentemente il catalizzatore dovrà essere adattato opportunamente, variando numerosi parametri: funzionalità chimica, tipo di impregnazione, quantità e tipo di metallo nobile, porosità dei supporti, posizionamento lungo lo scarico etc.

- 30 La misura delle emissioni allo scarico, in entrambi i motori, richiederebbe l'utilizzo di sensori allo scarico che oltre ad essere

piuttosto costosi comportano anche ulteriori oneri dovuti alla periodica manutenzione che si renderebbe necessaria.

Per diminuire le spese richieste dalla presenza di tali sensori si può pensare di realizzare un sensore virtuale basati su una accurata modellizzazione del motore a combustione interna, diesel o benzina che sia. Tuttavia, sensori di questo tipo richiedono una modellizzazione estremamente accurata che tenga conto di tutte le grandezze in gioco durante il funzionamento di un motore e tenga in considerazione la loro variazione durante ogni ciclo motore.

- 10 In sostanza, l'utilizzo di un sensore virtuale richiede costi computazionali molto elevati data l'estrema complessità del modello.

Il problema tecnico che sta alla base della presente invenzione è quello di escogitare un sensore virtuale di emissioni allo scarico di motori endotermici ad iniezione il quale abbia caratteristiche strutturali e funzionali tali da superare i limiti delle soluzioni attualmente proposte dalla tecnica nota. Più in particolare, un tale sensore dovrebbe avere caratteristiche di particolare semplicità ed efficacia da renderlo economicamente associabile ad una centralina elettronica di controllo iniezione eventualmente già in uso sull'autoveicolo.

20 Sommario dell'invenzione

L'idea di soluzione che sta alla base della presente invenzione è quella di dotare almeno una camera di combustione del motore di un sensore di pressione e di utilizzare il segnale proveniente da un tale sensore per effettuare una stima o una valutazione delle specie inquinanti emesse allo scarico del motore mediante un blocco di calcolo che opera sulla base di una modellizzazione del funzionamento del motore.

Più in particolare, il blocco di calcolo riceve informazioni anche su altri parametri caratteristici del funzionamento del motore come ad esempio la posizione angolare di manovella e l'istante di tempo dello start di iniezione.

Sulla base di tale idea di soluzione il problema tecnico è risolto da un

5 sensore virtuale di emissioni allo scarico del tipo precedentemente indicato e definito dalla parte caratterizzante della rivendicazione 1.

Il problema è altresì risolto da un sistema di controllo d'iniezione del tipo precedentemente indicato e definito dalla parte caratterizzante della
5 rivendicazione 9.

Le caratteristiche ed i vantaggi del sensore virtuale e del sistema di controllo d'iniezione secondo l'invenzione risulteranno dalla descrizione, fatta qui di seguito, di un esempio di realizzazione dato a titolo indicativo e non limitativo con riferimento ai disegni allegati.

10 Breve descrizione dei disegni

In tali disegni:

la Figura 1 mostra una vista schematica di un agglomerato di particolati emessi allo scarico da un motore endotermico a combustione interna;

15 la Figura 2 mostra schematicamente e in scala ingrandita la struttura stratiforme di un convertitore catalitico per la marmitta di scarico di un autoveicolo;

la Figura 3 mostra uno schema a blocchi di un sistema di controllo elettronico per l'iniezione di un motore a benzina con
20 abbattimento catalizzato dei gas di scarico;

le Figure 4A, 4B e 4C mostrano rispettive viste schematiche di curve caratteristiche;

la Figura 5 mostra una vista a blocchi schematici di un sensore virtuale di emissioni allo scarico realizzato in accordo con
25 la presente invenzione;

la Figura 6 mostra uno schema generale di un sistema di controllo e gestione del motore secondo la presente invenzione;

la Figura 7 mostra schematicamente i segnali d'ingresso al sensore

virtuale dell'invenzione e la forma del modello di motore;

la figura 8 mostra su un diagramma a medesima base temporale un insieme di curve rappresentative di segnali di ingresso/uscita reali e delle uscite stimate dal sensore.

5 Descrizione dettagliata

Con riferimento a tali figure, ed in particolare all'esempio di figura 5, viene descritto qui di seguito un sensore virtuale 10 di emissioni allo scarico per un motore 9 endotermico di tipo diesel o a benzina.

Il sensore comprende:

- 10 - un'interfaccia 1 con un sensore di pressione in almeno una camera di combustione del motore 9;
- un'interfaccia 2 con una centralina elettronica 8 di controllo iniezione del motore 9;
- un blocco 4 di estrazione parametri del segnale di pressione
- 15 - proveniente dal sensore di pressione;
- un blocco 3 di elaborazione segnali provenienti dal motore 9;
- un blocco 5 di calcolo operante sulla base di un modello Soft Computing.

20 E' presumibile che nei prossimi anni tutti i motori a combustione interna verranno equipaggiati con un sensore di pressione in camera di combustione. La presente invenzione presuppone che vi sia la disponibilità di un tale sensore di pressione.

25 In particolare, prove sperimentali effettuate presso la Richiedente hanno consentito di effettuare test su un motore 1910 JTD Fiat montato a banco e dotato di un sistema Common Rail d'iniezione ad alta pressione. Le misure di pressione in camera di combustione sono state

effettuate tramite un sensore AVL ad alta precisione.

Grazie al sensore di pressione è dunque possibile migliorare le strategie di controllo del motore relative al controllo della coppia, delle emissioni e del consumo di combustibile.

- 5 In sostanza, grazie all'introduzione di un sensore di pressione in camera di combustione diventa possibile la realizzazione di un modello semplificato che sfruttando il legame tra il segnale di pressione in camera e le emissioni allo scarico consenta di monitorare tutte le quantità di inquinanti emesse.
- 10 Il sensore 10 riceve dunque in ingresso in tempo reale le informazioni rilevate dal sensore di pressione in camera di combustione e da altri convenzionali sensori che tengono sotto controllo vari parametri del motore. Il sensore 10 restituisce in uscita segnali elettrici corrispondenti alla quantità di inquinanti valutata per ciascun ciclo motore.
- 15 Vediamo ora più in dettaglio la funzione di ciascun blocco componente il sensore 10.

L'interfaccia con il sensore di pressione

- 20 Il blocco di interfaccia 1 con il sensore di pressione in camera di combustione acquisisce le informazioni provenienti da tale dispositivo e trasforma tali informazioni in segnali elettrici corrispondenti ad una curva di pressione che sia utilizzabile dal blocco 4. Esempi di curve di pressione sono riportati nelle figure 4A, 4B e 4C.

L'interfaccia con la centralina

- 25 L'interfacciamento con la centralina di controllo avviene mediante un protocollo di comunicazione che consente lo scambio delle informazioni necessarie. La centralina di controllo iniezione fornisce i valori delle principali variabili motore, come ad esempio: la posizione angolare di manovella e l'istante di tempo dello start di iniezione.

Il blocco di elaborazione segnali motore

Il blocco 3 riceve in ingresso i segnali provenienti dall'interfaccia 2 con la centralina e provvede all'adattamento dei valori in ingresso per le successive computazioni nei blocchi 4 e 5.

Il blocco di estrazione parametri del sensore di pressione

- 5 Il blocco 4 che riceve in ingresso il segnali di pressione in camera di combustione rende disponibili al blocco di calcolo 5 le caratteristiche fondamentali estraibili dalla curva di pressione. Da tale curva sono desumibili le caratteristiche di tale pressione quali: il valore di picco, il valore medio, ecc, ed altre. Tali caratteristiche sono correlate
10 all'andamento della combustione come lo start, la durata, il rilascio di calore, la temperatura in camera, ecc.

- I calcoli eseguiti dal blocco 5 si basano anche sulle informazioni ricevute dal blocco 3 ed inerenti la posizione angolare di manovella e l'istante di tempo dello start di iniezione ottenute tramite gli altri sensori
15 posti sul motore.

Il blocco di calcolo

- Il blocco 5 è il cuore del sensore virtuale 10 ed è preferibilmente realizzato tramite l'implementazione di un modello Soft-Computing dei fenomeni collegati alle emissioni.
- 20 Più in particolare, il blocco 5 può essere un processore di tipo neuro-fuzzy, ad esempio del tipo WARP III, prodotto dalla Richiedente, che consente un elevato livello di precisione nella predizione.

- Vantaggiosamente, il sensore 10 è collocato come elemento ausiliario tra la centralina elettronica 8 di controllo dell'iniezione ed il motore 9,
25 come mostrato in figura 6.

- Come già segnalato in precedenza, considerata la difficoltà di una misurazione diretta delle grandezze inerenti le emissioni allo scarico, per un'efficiente valutazione in tempo reale di tali emissioni il sensore 10 si basa su un sistema di valutazione virtuale basato sulla
30 misurazione di alcune variabili motore classiche e su quella della

pressione in camera di combustione.

Queste grandezze misurate sono poi elaborate mediante un modello computazionale di tipo Soft-Computing e con logica di tipo neuro-fuzzy.

5 L'applicazione del sensore 10 ad un motore endotermico consente un miglioramento delle performance del sistema di controllo e della OBD (On-Board Diagnostic) grazie alla disponibilità di informazioni in tempo reale delle quantità di inquinanti prodotte dal motore.

10 Se si prendono in considerazione le curve di pressione in camera di combustione mostrate nelle figure 4A, 4B e 4C, si può osservare una stretta correlazione tra la posizione angolare di manovella in cui avviene l'iniezione, le caratteristiche della curva e le relative quantità di inquinanti emesse.

15 Un consistente anticipo nell'istante di tempo d'iniezione SOI (Start Of Injection) produce elevati gradienti di temperatura e pressione con una associata produzione di ossidi di azoto ed elevata rumorosità. Aumentando il ritardo si hanno invece combustioni incomplete con elevate emissioni di idrocarburi incombusti perdita di efficienza ed elevati consumi.

20 Dalle caratteristiche della curva di pressione in camera è dunque possibile effettuare una valutazione della percentuale di specie inquinanti allo scarico: in sostanza, una combustione ruvida da origine ad una percentuale maggiore di NO_x , mentre una combustione con ritardo all'accensione libera allo scarico una maggiore quantità di idrocarburi incombusti HC.

25 L'andamento antitetico (NO_x vs. HC) al variare dell'istante di iniezione e quindi della relativa curva di pressione viene gestito al meglio dal blocco di Soft-Computing che è in grado di modellizzare fenomeni altamente complessi e non lineari.

30 Come già detto, le misure di pressione in camera di combustione sono state effettuate tramite un sensore AVL ad alta precisione.

Il segnale di pressione in camera, in funzione dell'angolo di manovella, è stato misurato variando il numero di giri da 1000 a 2600 e per ogni numero di giri al variare della coppia, per un totale di 100 cicli per punto motore.

5 A partire da tali misure sono state calcolate alcune grandezze caratterizzanti il segnale stesso:

- il valore massimo della pressione in camera; il valore medio della pressione sui 100 cicli;

10 - il valore medio dello start di combustione calcolato sui 100 cicli; il valore medio dello start di iniezione sui 100 cicli. A partire dai dati misurati sperimentalmente è stato realizzato un modello neuro-fuzzy del sistema motore avente con quattro ingressi e due uscite, come schematizzato in figura 7.

Gli ingressi sono appunto dati da:

- 15
- Pressione massima
 - Pressione media
 - Start of combustion
 - Start of injection

Mentre le uscite sono una stima dei composti di azoto e dei particolati:

- 20
- NOx
 - Soot

25 In figura 8 sono rappresentati su diagrammi a medesima base temporali gli andamenti dei segnali inerenti gli ingressi del modello (start of combustion, start of injection, max pressure, mean pressure) e le uscite calcolate (NOx e particolato). Le curve stimate dal sensore 10 sono state sovrapposte a quelle misurate effettivamente ed sorprendente notare la loro corrispondenza.

Infatti, come si può notare, le uscite del modello seguono quelle reali e chiaramente si possono ottenere risultati ancora migliori aumentando la complessità del modello.

5 In sostanza, l'invenzione consente di mettere a disposizione un sistema di valutazione delle emissioni allo scarico per motori a combustione interna basato sulla misura di pressione in camera di combustione.

10 Data la semplicità del modello ed il relativo basso costo computazionale, il sensore virtuale secondo l'invenzione rappresenta un efficace dispositivo per migliorare le performance della centralina di controllo iniezione e per l'OBD.

Il sistema consente infatti la valutazione delle emissioni prodotte in ogni ciclo motore e l'eventuale controllo di queste ultime per l'ottemperanza alle direttive internazionali.

RIVENDICAZIONI

1. Sensore virtuale (10) di emissioni allo scarico di un motore (9) endotermico ad iniezione comprendente una camera di combustione per ciascun cilindro del motore, un relativo iniettore per ciascuna
5 camera ed una centralina elettronica (8) di controllo iniezione, caratterizzato dal fatto di comprendere un'interfaccia (1) d'ingresso ricevente un segnale da almeno un sensore di pressione situato in almeno una camera di combustione di detto motore (9); una seconda un'interfaccia (2) d'ingresso ricevente segnali da detta centralina
10 elettronica (8) di controllo iniezione; un blocco di calcolo per stimare la quantità di dette emissioni sulla base di detta pressione e di detti segnali.
2. Sensore virtuale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti segnali sono misurazioni di alcuni parametri di
15 funzionamento del motore come la posizione angolare di manovella e l'istante di tempo dello start di iniezione.
3. Sensore virtuale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto di comprendere un blocco (4) di estrazione del segnale di pressione inserito tra detta interfaccia (1) e detto blocco (5) di calcolo.
- 20 4. Sensore virtuale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto di comprende un blocco (3) di elaborazione segnali inserito tra detta seconda interfaccia (2) e detto blocco di calcolo (5).
5. Sensore virtuale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto blocco (5) di calcolo opera sulla base di un modello Soft
25 Computing.
6. Sensore virtuale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto

che detto blocco (5) di calcolo è un elaboratore di tipo neuro-fuzzy.

7. Sensore virtuale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto blocco di calcolo comprende almeno quattro ingressi e due uscite; detti ingressi ricevendo segnali corrispondenti alla massima pressione ed alla pressione media rilevata dal sensore, nonché agli istanti di tempo di inizio combustione ed inizio fase di iniezione.
8. Sensore virtuale secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che dette uscite sono segnali elettrici corrispondenti ad una stima dei composti di azoto e dei particolati emessi dal motore.
9. Sistema di controllo iniezione per un motore (9) endotermico ad iniezione comprendente una camera di combustione per ciascun cilindro del motore, un relativo iniettore per ciascuna camera ed una centralina elettronica (8) di controllo iniezione, caratterizzato dal fatto di incorporare almeno un sensore di pressione in almeno una camera di combustione ed almeno un sensore virtuale (10) secondo la rivendicazione 1.
10. Sistema di controllo iniezione secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che detto motore è un motore diesel Common Rail.

RIASSUNTO

L'invenzione riguarda un sensore virtuale (10) di emissioni allo scarico di un motore (9) endotermico ad iniezione comprendente una camera di combustione per ciascun cilindro del motore, un relativo iniettore per ciascuna camera ed una centralina elettronica (8) di controllo iniezione. Vantaggiosamente, il sensore virtuale comprende un'interfaccia (1) d'ingresso ricevente un segnale da almeno un sensore di pressione per rilevare la pressione in almeno una camera di combustione del motore (9); una seconda un'interfaccia (2) d'ingresso ricevente segnali dalla centralina elettronica (8) di controllo iniezione; un blocco di calcolo per stimare la quantità delle emissioni di composti di azoto e di particolati sulla base della pressione e degli altri segnali correlati al funzionamento del motore.

15

(Fig. 5)

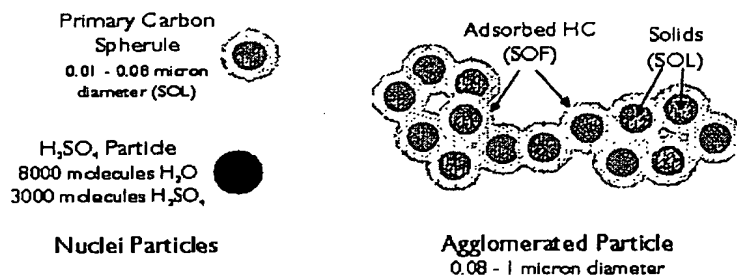


Fig. 1

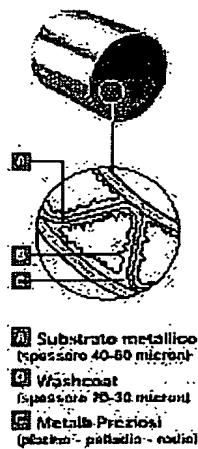


Fig. 2

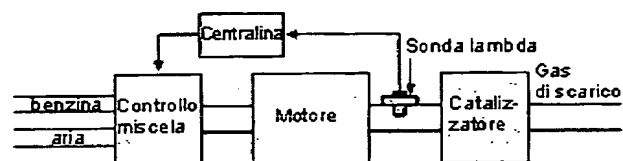


Fig. 3

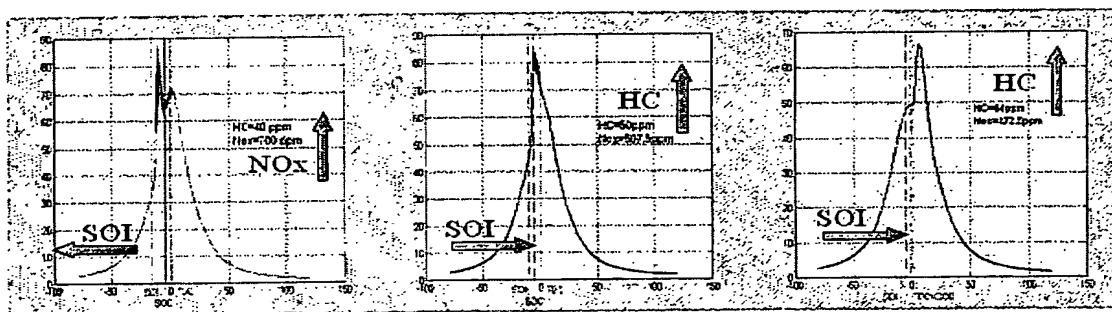


Fig. 4A

Fig. 4B

Fig. 4C

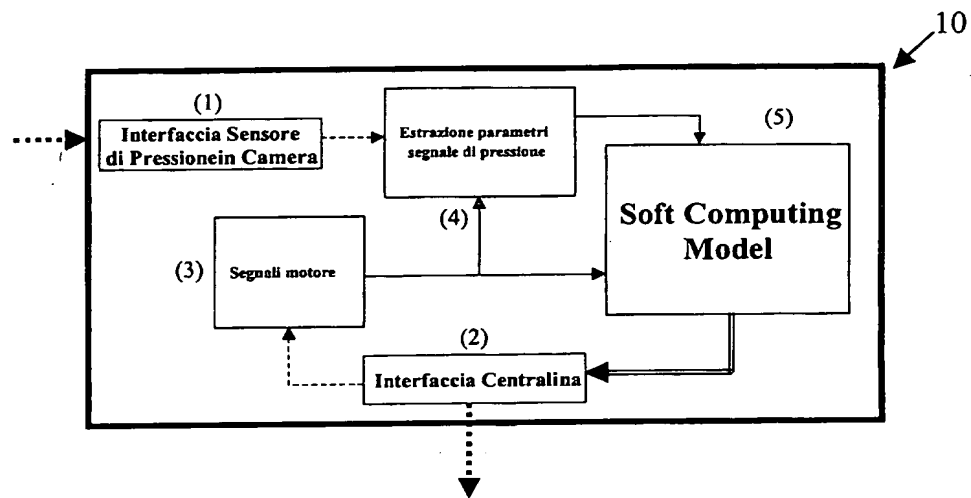


Fig. 5

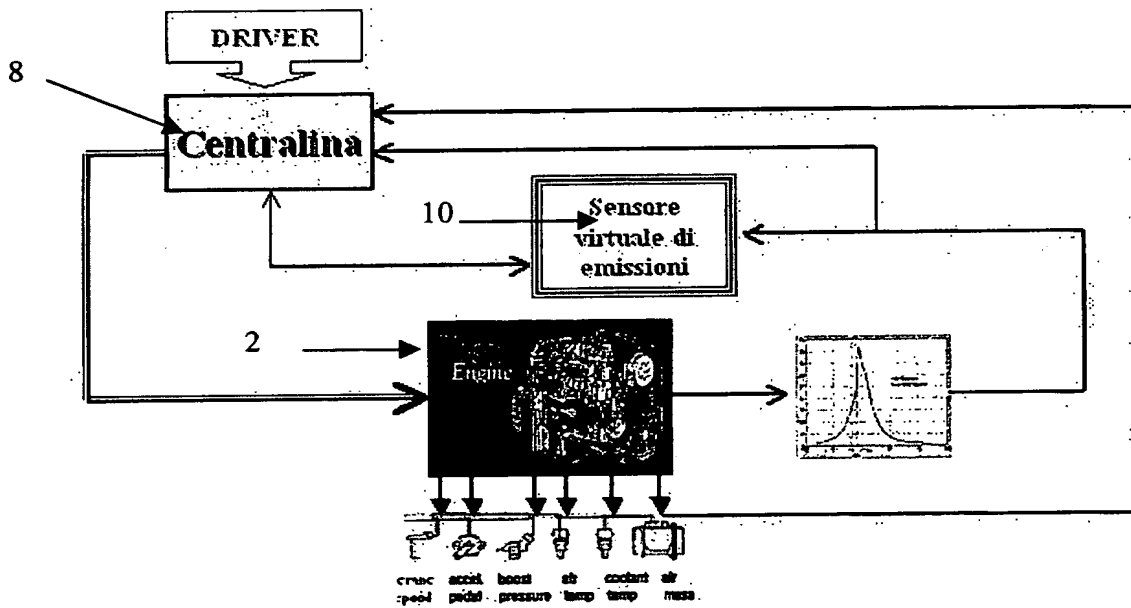
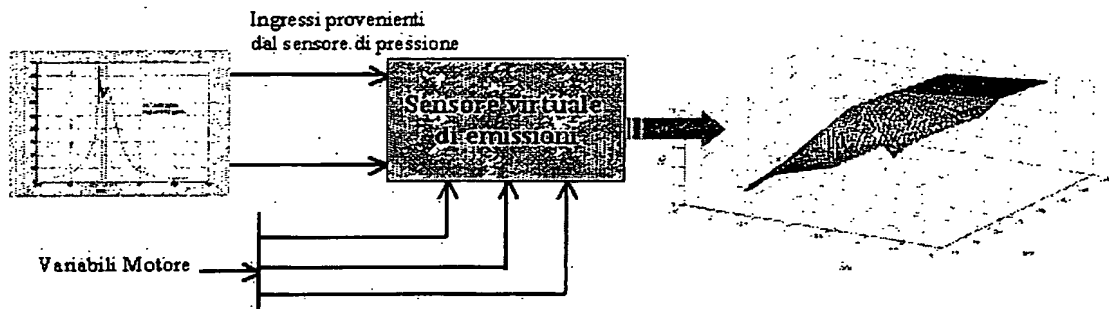
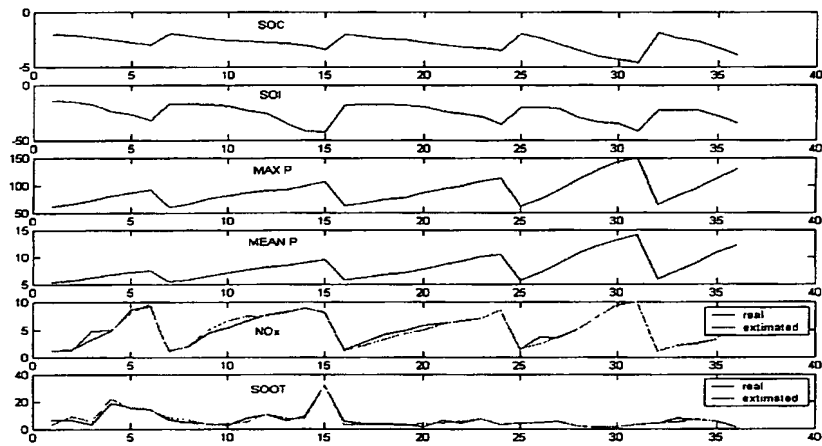


Fig. 6

**Fig. 7****Fig. 8**